

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-090532

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

(51)Int.Cl.

G02B 6/12

G02B 6/13

(21)Application number : 08-244679

(71)Applicant : SHARP CORP

(22)Date of filing : 17.09.1996

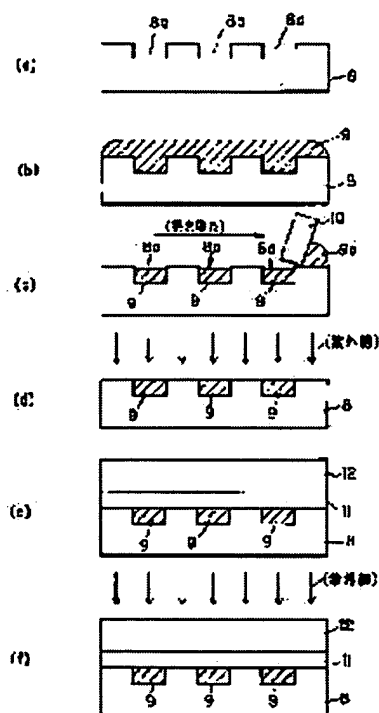
(72)Inventor : KATAOKA TERUYUKI  
MIYATA AKIO

## (54) OPTICAL WAVEGUIDE AND ITS PRODUCTION

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an optical waveguide which has an excellent optical characteristics without leaking of light from a core and can be easily produced, by filling grooves on the principal plane of a substrate having a low refractive index with a transparent resin having a high refractive index and covering the principal plane with a resin having a low refractive index and by using a urethane-based UV-curing resin as the transparent resin.

**SOLUTION:** A core material 9 comprising a urethane-based UV-curing resin (transparent resin having a high refractive index) is applied on the principal plane of a clad substrate 8 having a low refractive index on which plural grooves 8a are formed. The excess core material 9a outside of the grooves 8a is removed by wiping with a squeezing material 10 to fill the grooves 8a with the core material 9. The core material 9 in the grooves 8a is hardened by irradiation of UV rays to form the core 9 of the optical waveguide. Then a clad material 11 having a low refractive index is applied on the principal plane of the clad substrate 8 where the core 9 is formed, and a clad flat substrate 12 is mounted thereon. Further, a quartz glass is mounted and pressed to adhere, the clad material 11 is hardened by irradiation of UV rays to obtain the optical waveguide.



## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1](a) - (e) is an explanatory view for explaining the manufacturing method of the metallic mold of the cladding substrate which constitutes the optical waveguide of the embodiment of this invention.

[Drawing 2](a) And (b) is an explanatory view for explaining the manufacturing method of the cladding substrate which constitutes the optical waveguide of the embodiment of this invention.

[Drawing 3]It is a perspective view of a cladding substrate.

[Drawing 4](a) - (f) is an explanatory view for explaining how to fill up a cladding substrate with a core material and produce an optical waveguide.

[Drawing 5]It is a perspective view of the squeegee material used when filling up a cladding substrate with a core material.

[Drawing 6](a) And (b) is an explanatory view for explaining the filling state of the core material in a trench (8 micrometers).

[Drawing 7](a) And (b) is an explanatory view for explaining the filling state of the core material in a shallow slot (4 micrometers).

[Drawing 8](a) - (d) is an explanatory view for explaining the 1st conventional manufacturing method.

[Drawing 9](a) - (d) is an explanatory view for explaining the 2nd conventional manufacturing method.

[Description of Notations]

- 1 Silicon substrate
- 2 Photoresist
- 3 Photo mask
- 4 Crevice

5 Metal membrane

5a Rib-like heights

6 Support plate

7 Metallic mold

8 Cladding substrate

8a Slot

9 Core material

10 Squeegee material

11 Clad plate

12 Clad planar substrate

---

[Translation done.]

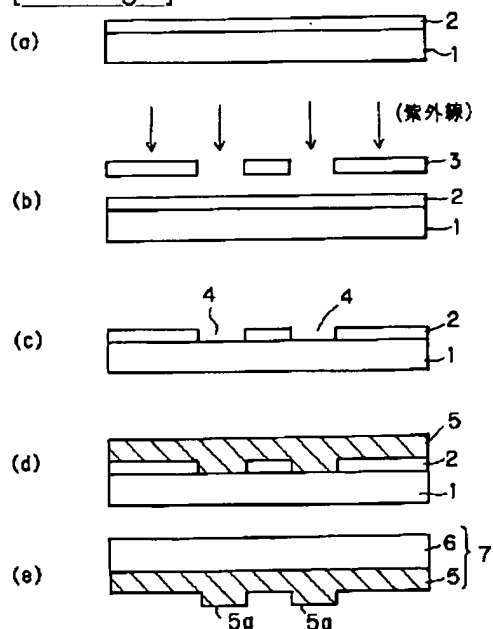
## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

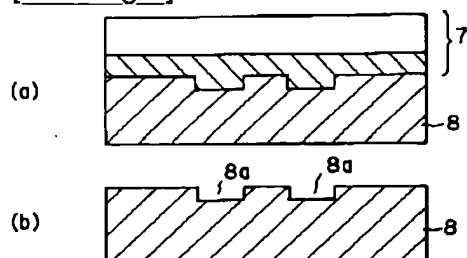
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

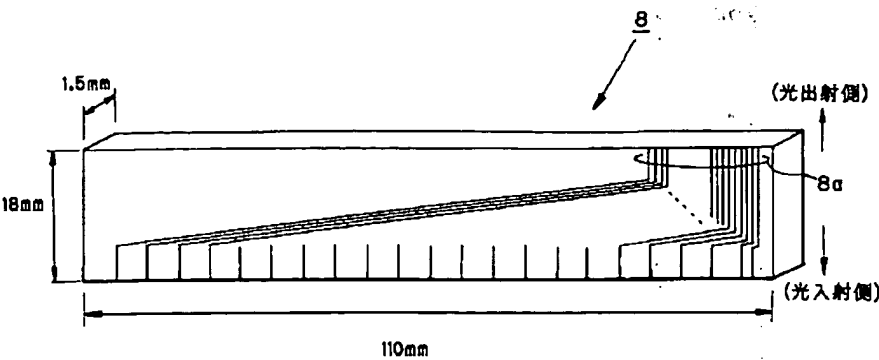
[Drawing 1]



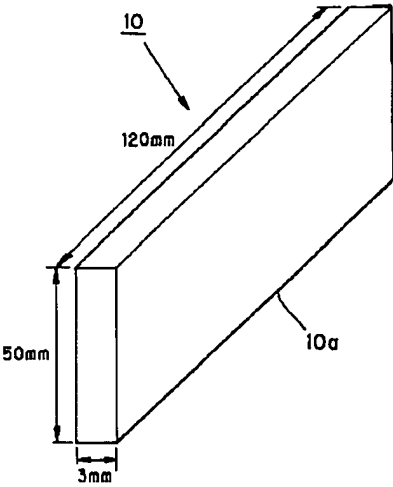
[Drawing 2]



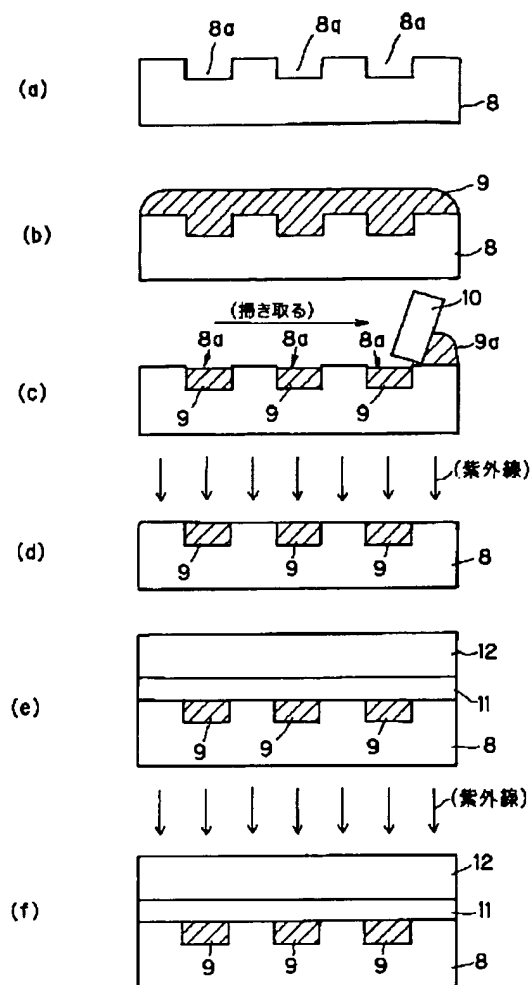
[Drawing 3]



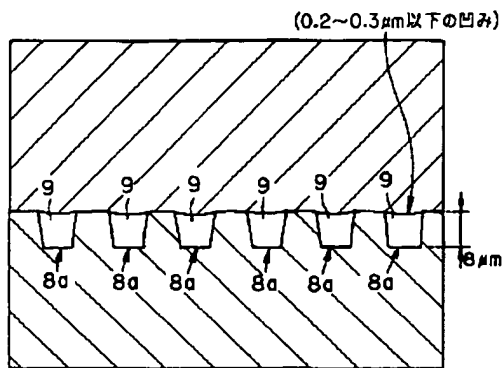
[Drawing 5]



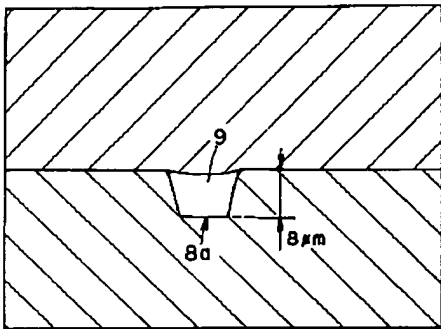
[Drawing 4]



[Drawing 6]

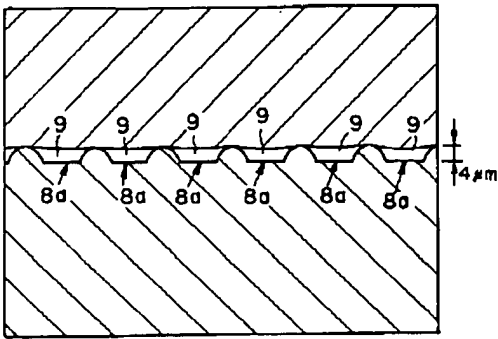


(a)

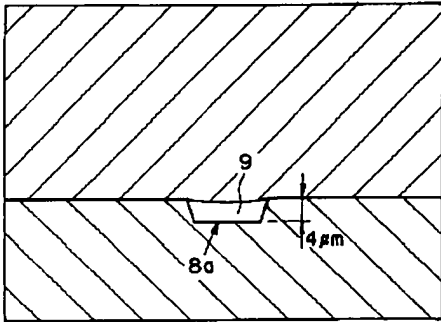


(b)

[Drawing 7]



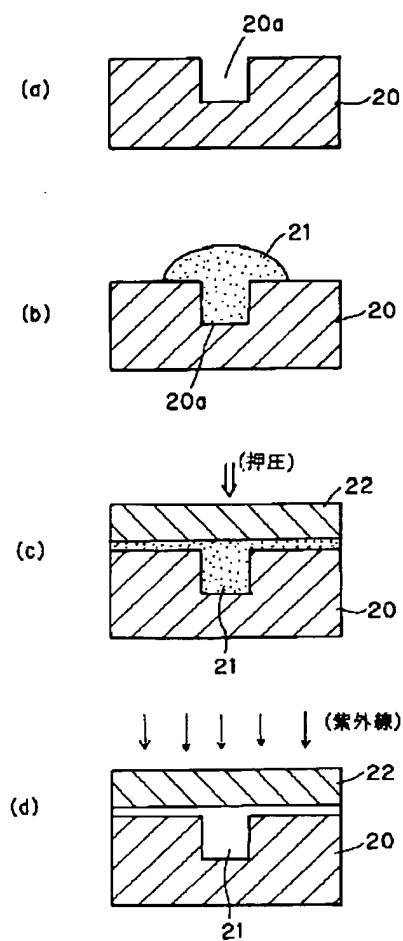
(a)



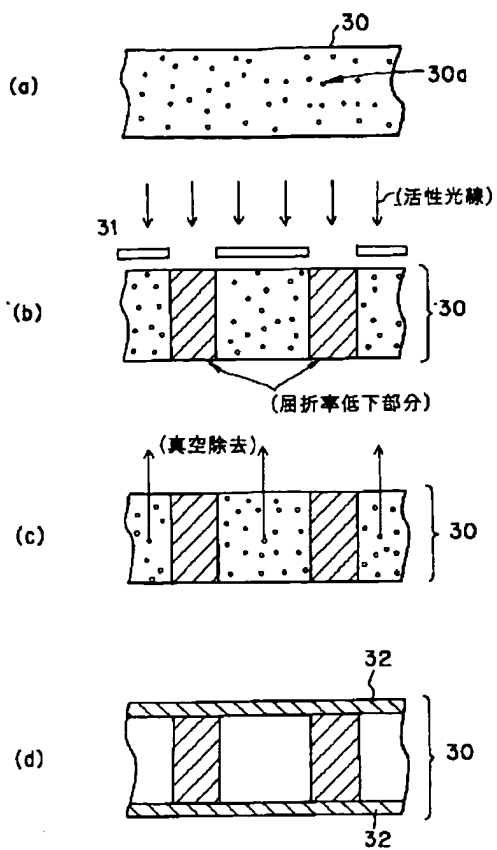
(b)

[Drawing 8]





[Drawing 9]



---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention]This invention relates to an optical waveguide which constitutes optical systems, such as a reduced type image sensor, and a manufacturing method for the same.

[0002]

[Description of the Prior Art]Conventionally, the reduced type image sensor using an optical waveguide is proposed. This reduced type image sensor reduces the light figure from a manuscript surface optically by an optical waveguide, enters into the acceptance surface of an optoelectric transducer, and detects images expressed to the manuscript surface, such as a character. Thus, the miniaturization of a sensor and low-pricing are attained by using an optical waveguide, and there is an advantage that complicated adjustment of an optical system becomes unnecessary.

[0003]As a manufacturing method of this optical waveguide, some methods are known so that it may explain below. First, the material of the core which serves as a passage of light as the 1st manufacturing method as shown in drawing 8 (a) - (d). The cladding substrate 20 which consists of polymer materials, such as polymethylmethacrylate (it is hereafter described as "PMMA") in which the slot 20a for being filled up with (it is hereafter described as a "core material") was formed, is prepared using injection molding process (the figure (a)). As a core material, the slot 20a of this cladding substrate 20 is filled up with the polymer precursor 21 of a polymer material (the figure (b)), and the clad plate 22 which consists of PMMA etc. is pressed and stuck to it by pressure (the figure (c)). And it irradiates with ultraviolet rays, a polymer precursor is polymerized, and an optical waveguide is obtained (the figure (d)).

[0004]Next, as the 2nd manufacturing method, as shown in drawing 9 (a) - (d), the polymer sheet 30 of the high refractive index containing the monomer 30a for reducing the refractive index of the field where the active light mentioned later was irradiated is prepared first (the

figure (a)). Next, irradiate the polymer sheet 30 with active light via the photo mask 31, the monomer 30a which the polymer sheet 30 contains is made to react selectively, and the refractive index of fields other than a core region is reduced (the Drawing (b) slash field). Next, vacuum removal of the unreacted monomer 30a is carried out (the figure (c)), both sides of the polymer sheet 30 are coated by the polymer 32 of a low refractive index (the figure (d)), and an optical waveguide is obtained.

[0005]Next, a clad plate is stuck on the whole surface of (with no graphic display) and the cladding substrate in which the slot was formed first as the 3rd manufacturing method, and the clad object in which the capillary was formed is prepared. Next, the end side of a capillary is sealed and the atmosphere is removed for a clad object from the inside of a capillary in the inside of a vacuum housing. Next, dip the opening (other end side) of a capillary in the monomer solution which is a core material, even atmospheric pressure is made to recover the atmospheric pressure in a vacuum housing gradually, and the inside of a capillary is filled up with a monomer solution using the air pressure difference between the inside of a capillary, and the exterior. Next, ultraviolet rays etc. are glared and polymerized in the monomer solution with which it filled up, and the optical waveguide which uses polymer as a core is obtained.

[0006]Finally, there is a method indicated by (with no graphic display) and JP,2-191906,A as the 4th manufacturing method. That is, according to this method, after applying core materials, such as epoxy system resin, acrylic resin, or polycarbonate, to the principal surface of the cladding substrate which consists of silicon system resin in which the slot was formed, epoxy system resin, etc. first, it sweeps by squeegee material and the excessive core material of the exterior of a slot is removed. And after irradiating with ultraviolet rays and stiffening the core material inside a slot, a clad plate is applied to the principal surface of a cladding substrate, and an optical waveguide is obtained.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention]However, the manufacturing method of the above-mentioned conventional optical waveguide has the following problems. That is, when according to the 1st above-mentioned manufacturing method pasting a clad plate together after applying a core material to the cladding substrate in which the slot is formed, a core material remains in the crevice between a cladding substrate and a clad plate. For this reason, between each core is connected with the core material of the shape of a film which is about 1-10 microns, light leaks and comes out from a core, and there is a problem that the light which entered into a certain core diffuses to other cores.

[0008]In order to need the special device for carrying out vacuum removal of the unreacted monomer according to the 2nd above-mentioned manufacturing method and to form a slot in a substrate using photolithography technique, there is a problem that a process is complicated.

[0009]Are in charge of filling up with a core material the capillary formed in the clad object

according to the 3rd manufacturing method, In order to need the device for removing the atmosphere from the inside of a capillary and also to use the air pressure difference between the inside of a capillary, and the exterior, restoration of a core material with high viscosity takes time, and there is a problem that productivity falls.

[0010]According to the 4th manufacturing method, as a core material, when epoxy system resin, acrylic resin, polycarbonate, etc. are used, there is a problem that the filling factor of a core material is bad and the inside of a slot is not uniformly filled up with a core material further again. And depending on the kind of core material, a monomer-like core material dissolves a cladding substrate, the shape of the slot formed by carrying out micro processing to a cladding substrate may be spoiled, and there is a problem that a good optical property cannot be obtained.

[0011]Namely, some things of the acrylic ultraviolet curing resin which is supposed [ according to the detailed experiment ] that PMMA generally is not dissolved in the case of the cladding substrate made [ the cladding substrate ] from PMMA, 0. In other things of the acrylic ultraviolet curing resin in which it becomes clear in which that PMMA is dissolved at speed of about 1  $\mu\text{m}/\text{min}$ , and the dissolution of PMMA is not accepted, the filling factor to the slot formed in the cladding substrate was remarkably low, and only the filling factor which is about 10 to 20% was obtained.

[0012]This invention is made in view of such a problem, does not have disclosure of the light from the core which constitutes an optical waveguide, and excel in an optical property, and. It can produce easily, without using a special device, and let it be a technical problem to provide an optical waveguide which can aim at improvement in productivity, and a manufacturing method for the same.

[0013]

[Means for Solving the Problem]This invention has the following composition in order to carry out solution achievement of said technical problem. An optical waveguide concerning the invention according to claim 1 has resin of a wrap low refractive index for a substrate of a low refractive index with which a slot was formed in the principal surface, transparent resin of a high refractive index with which said slot was filled up, and said principal surface, and it has the composition of an optical waveguide, wherein said transparent resin is urethane system ultraviolet curing resin.

[0014]An optical waveguide concerning the invention according to claim 2 has the composition of the optical waveguide according to claim 1, wherein a substrate of a low refractive index is an acrylic substrate fabricated by injection molding process.

[0015]An optical waveguide concerning the invention according to claim 3 has the composition of the optical waveguide according to claim 1, wherein a substrate of a low refractive index is a substrate which consists of ultraviolet curing resin fabricated by 2P molding method.

[0016]A process at which an optical waveguide concerning the invention according to claim 4 applies transparent resin of a high refractive index to the principal surface of a substrate of a low refractive index in which a slot was formed beforehand, A process of sweeping said principal surface and removing transparent resin of the exterior of said slot, and a process which stiffens transparent resin inside said slot, A process of applying resin of a low refractive index to said principal surface, and a process of putting and pressing a transparent plate on resin of said low refractive index, It has a process which stiffens resin of said low refractive index via said transparent plate, and has the composition of a manufacturing method of an optical waveguide using a urethane system ultraviolet-curing-resin precursor as said transparent resin.

[0017]An optical waveguide concerning the invention according to claim 5 has the composition of a manufacturing method of the optical waveguide according to claim 4 using an acrylic substrate fabricated by injection molding process as a substrate of a low refractive index.

[0018]An optical waveguide concerning the invention according to claim 6 has the composition of a manufacturing method of the optical waveguide according to claim 4 using a substrate which consists of ultraviolet curing resin fabricated by 2P molding method as a substrate of a low refractive index.

[0019]This invention constituted [ above-mentioned ] acts as follows. That is, according to the optical waveguide concerning the invention according to claim 1, transparent resin of a high refractive index with which a slot of a substrate of a low refractive index was filled up is surrounded by a substrate of said low refractive index, and resin of a low refractive index. And it is reflected by an interface of said substrate and resin (low refractive index), and said transparent resin (high refractive index), and light which entered into said transparent resin transmits an inside of said transparent resin.

[0020]According to the optical waveguide concerning the invention according to claim 2, in an optical waveguide concerning the invention according to claim 1 transparent resin of a high refractive index, It is surrounded by an acrylic substrate (substrate of a low refractive index) fabricated by injection molding process, and resin of a low refractive index, and light which entered into said transparent resin transmits an inside of said transparent resin.

[0021]According to the optical waveguide concerning the invention according to claim 3, in an optical waveguide concerning the invention according to claim 1 transparent resin of a high refractive index, It is surrounded by a substrate (substrate of a low refractive index) which consists of ultraviolet curing resin fabricated by 2P molding method, and resin of a low refractive index, and light which entered into said transparent resin transmits an inside of said transparent resin.

[0022]According to the optical waveguide concerning the invention according to claim 4, transparent resin of a high refractive index is applied to the principal surface of a substrate of a

low refractive index in which a slot was formed beforehand further again, Said principal surface is swept, transparent resin of the exterior of said slot is removed, transparent resin inside said slot is stiffened, resin of a low refractive index is applied to said principal surface, a transparent plate is put and pressed on resin of said low refractive index, resin of said low refractive index is stiffened via said transparent plate, and an optical waveguide is produced. Here, without a urethane system ultraviolet-curing-resin precursor dissolving a substrate of said low refractive index, And without spoiling shape of said slot paying attention to the characteristic of filling up with said transparent resin effective in an inside of said slot, by using a urethane system ultraviolet-curing-resin precursor as said transparent resin, moreover a filling factor is made high and said slot is filled up with said transparent resin.

[0023]According to the optical waveguide concerning the invention according to claim 5, in a manufacturing method of an optical waveguide concerning the invention according to claim 4, an optical waveguide is produced further again using an acrylic substrate fabricated by injection molding process as a substrate of a low refractive index.

[0024]According to the optical waveguide concerning the invention according to claim 6, in a manufacturing method of an optical waveguide concerning the invention according to claim 4, an optical waveguide is produced further again using a substrate which consists of ultraviolet curing resin fabricated by 2P molding method as a substrate of a low refractive index.

[0025]

[Embodiment of the Invention]Hereafter, an optical waveguide which starts an embodiment of the invention with reference to drawing 6 from drawing 1, and a manufacturing method for the same are explained. Drawing 1 and drawing 2 are the explanatory views for explaining the manufacturing method of the cladding substrate which constitutes the optical waveguide of this embodiment here, and drawing 3 is a perspective view of a cladding substrate. Drawing 4 is an explanatory view for explaining how to fill up a cladding substrate with a core material and produce an optical waveguide, and drawing 5 is a perspective view of the squeegee material used when filling up a cladding substrate with a core material. Drawing 6 and drawing 7 are the explanatory views for explaining the filling state of a core material.

[0026]First, the manufacturing method of the cladding substrate (substrate of a low refractive index) which constitutes the optical waveguide of this embodiment is explained using drawing 1. First, as shown in drawing 1 (a), after applying the photoresist 2 to the principal surface of the silicon substrate 1, as shown in the figure (b), it irradiates with ultraviolet rays via the photo mask 3, and the pattern of the slot filled up with the below-mentioned core material is exposed to the photoresist 2. Next, as shown in the figure (c), the pattern of a slot carries out the etching process of the exposed photoresist, and forms the crevice 4.

[0027]Next, as shown in the figure (d), an electroplating method is used and the metal membrane 5 is formed in the principal surface side of the silicon substrate 1 in which the

crevice 4 was formed. Next, as shown in the figure (e), after pasting up with the adhesives of an epoxy system, etc. and reinforcing the support plate 6 on the metal membrane 5, the metal membrane 5 is separated from the silicon substrate 1 using a resist removing agent, and the rib-like heights 5a obtain the formed metallic mold 7.

[0028]Next, a cladding substrate is produced using the metallic mold 7 which was carried out in this way and produced. That is, as shown in drawing 2 (a), for example, as the material of the cladding substrate 8 is stuck to the metallic mold 7 and it is shown in the figure (b) with injection molding process or 2P molding method, the cladding substrate 8 in which two or more slots 8a were formed corresponding to the heights of the shape of a rib of the metallic mold 7 is produced. The thickness of the photoresist 2 and the pattern width of the photo mask 3 which are shown in drawing 1 define the sectional shape of the core formed in the slot 8a of the cladding substrate 8 so that it may mention later.

[0029]Here, 2P molding method is a kind of the duplication method using a photo-setting resin, and is a method applied to production of an optical disc etc. When producing a cladding substrate using this 2P molding method, a photo-setting resin is first slushed into the surface of the master original edition (metallic mold) in which the rugged form pattern was formed. Next, after putting a transparent substrate on it and stiffening a photo-setting resin, the hardened photo-setting resin is removed from the master original edition, and the transparent resin body (cladding substrate) by which the concavo-convex pattern was formed in the surface is obtained. A protective film is coated and it completes, after vapor-depositing reflecting layers, such as aluminum, to the rugged surface of the transparent resin body obtained further, in producing an optical disc.

[0030]Next, the one end side of the slot 8a is formed in \*\* covering the width of a manuscript, and the other end side of the slot 8a is densely formed in the optical outgoing radiation side at the light incidence side of the principal surface of the cladding substrate 8 which was carried out in this way and produced covering the width of the acceptance surface of an optoelectric transducer (with no graphic display) so that the whole may be illustrated to drawing 3. Thus, the light figure (image of a manuscript) led to the core mentioned later is optically reduced by making the other end side dense for the one end side at \*\*, and forming the slot 8a. The size of the cladding substrate 8 illustrated to drawing 3 is 1.5 mm in 110 mm [ in width ] x 18-mm thickness, and the 864 slots 8a are formed in the pitch by the side of light incidence considering the 125-micron side and the optical outgoing radiation side as 14 microns. [ in height ]

[0031]Next, how to fill up the slot 8a of the cladding substrate 8 with a core material, and produce an optical waveguide is explained using drawing 4. First, as are shown in the figure (a), and the cladding substrate 8 (substrate of a low refractive index) by which two or more slots 8a were formed in the principal surface is prepared and it is shown in the figure (b) by an



above-mentioned method, the core materials 9 (transparent resin of a high refractive index), such as urethane system ultraviolet curing resin, are applied to the principal surface of this cladding substrate 8. Next, as shown in the figure (c), the excessive core material 9a which exists in the exterior of the slot 8a is swept by the squeegee material 10, and is removed, and the inside of the slot 8a is filled up with the core material 9. And as shown in the figure (d), it irradiates with ultraviolet rays, the core material 9 inside a slot is stiffened, and the core (transparent resin of a high refractive index) of an optical waveguide is formed. The "core" hereafter produced by hardening the core material 9 is expressed using a "core material" and identical codes "9."

[0032]Next, as shown in the figure (e), the clad plate 11 (resin of a low refractive index) is applied to the principal surface of the cladding substrate 8 in which the core 9 was formed, and the clad planar substrate 12 (transparent plate) is put on it. After putting, pressing and sticking by pressure the silica glass which is not illustrated on it furthermore, as shown in the figure (f), it irradiates with ultraviolet rays, the clad plate 11 is stiffened, and an optical waveguide is obtained.

[0033]The example of this invention is introduced to below. In drawing 1, as the thickness of the photoresist 2, and pattern width of the photo mask 3, 8 microns was set up, respectively and the nickel metal film 5 was formed by electroplating using the solution of nickel chloride. The metallic mold 7 made from nickel with which the heights of the shape of a rib width and whose height are 8 microns were formed by this was produced, and using this metallic mold 7, as shown in drawing 2, the cladding substrate 8 in which the slot 8a width and whose depth are 8 microns was formed was produced.

[0034]As a material of this cladding substrate 8, PMMA (refractive index 1.49) which is acrylic polymer resin was used, and the slot 8a which fills up the principal surface of the cladding substrate 8 with the core material 9 by injection molding process using the above-mentioned metallic mold 7 was formed. When fabricating with 2P molding method, ultraviolet curing resin for 2P, such as "MP107" (made by Mitsubishi Rayon Co., Ltd.) etc. which has the refractive index 1.53, was used as a material of the cladding substrate 8.

[0035]As the core material 9, urethane system ultraviolet curing resin, such as "J-91" (made in Summers) etc. which has the refractive index 1.55, was used, using PMMA (refractive index 1.49) as a material of the clad planar substrate 12. As the clad plate 11, using the acrylic resin "SK-9" (made in Summers) which has the refractive index 1.47 when the cladding substrate 8 is PMMA, when the cladding substrate 8 was "MP107", similarly "MP107" was used.

[0036]As the squeegee material 10, as shown in drawing 5, the curvature radius of the edge part 10a which sweeps the principal surface of the cladding substrate 8 was 10 microns or less using urethane rubber with a hardness of 90 degrees of size with a 120 mm[ in width ] x50-mm x thickness of 3 mm. [ in height ] In sweeping the principal surface of the cladding substrate

8, the angle of the squeegee material 10 to the cladding substrate 8 was about 45 degrees, and speed to sweep was made into 1.25-2 [cm/sec] grade.

[0037]Next, it introduces in [ various characteristics / of each optical waveguide the case where it produces using PMMA as the cladding substrate 8, and at the time of producing using "MP107" ] reference. As the core material 9, "J-91" was used in common. First, the filling state of the core material 9 to the slot 8a formed in the cladding substrate 8 is explained using drawing 6 and drawing 7. Drawing 6 and drawing 7 are section sketch drawing of the optical waveguide which carried out mirror polishing of the optical input output part end of an optical waveguide, and was observed by the optical microscope here, and the Drawing (a) and (b) shows the section sketch drawing by the side of the optical outgoing radiation at the time of forming a slot deeply (8 micrometers), respectively, and light incidence. Drawing 7 (a) and (b) is the sketch drawing by the side of the optical outgoing radiation at the time of forming a slot shallowly (4 micrometers), respectively, and light incidence.

[0038]Although the dent of about 0.2-0.3 micrometer or less exists in the upper part of the core material 9 with which the slot 8a was filled up as shown in drawing 6 and drawing 7, The core material 9 has stuck to the bottom and the side attachment wall of the slot 8a thoroughly, and it is not based on the shape or tight ness of the slot 8a, but the core material 9 is filled up with the good filling factor of 90% or more into the inside of the slot 8a. In the example shown in drawing 6 (a) and drawing 7 (a), the shape of the adjacent slot 8a formed in the cladding substrate 8 is not spoiled, and the trace by which the cladding substrate 8 was dissolved in the core material 9 is not accepted.

[0039]The time dependency of the solubility of a cladding substrate (PMMA) at the time of using "J-91" as a core material was evaluated in detail as follows. First, the cladding substrate of four sheets in which the slot width and whose depth are 8 microns was formed is prepared. After filling up the slot of each cladding substrate with a core material (J-91) and neglecting it only for 10 minutes, 20 minutes, 30 minutes, and 40 minutes, respectively, it irradiates with ultraviolet rays and a core material is stiffened.

[0040]Thus, using four substrates with which the leaving times after being filled up with a core material differ, four kinds of optical waveguides were produced and comparative observation of the sectional shape of the core circumference was carried out with the optical microscope (with no graphic display). As a result of this observation, also in any, there was no difference in the shape of a slot, and the dissolution of the cladding substrate by a core material did not have private seals. It was checked that there is a margin for 40 minutes at least after applying a core material to a cladding substrate from this until it irradiated with and stiffened ultraviolet rays.

[0041]The waveguide loss over a laser beam was measured using the cutting-back method (Cut-back method). As a result, 0.2 dB/cm was obtained as waveguide loss and the good result was obtained also in the optical property. There is no disclosure of the light between

cores and a cross talk was not accepted, either.

[0042]Although this above-mentioned embodiment (EXAMPLE) explained the example using ultraviolet curing resin for 2P "MP107" as a material of the cladding substrate in the case of producing using 2P molding method, using PMMA as a material of the cladding substrate in the case of producing using injection molding process, As a material of a cladding substrate, as long as it has a refractive index smaller than a core material, optical plastic material other than PMMA may be used, for example like polystyrene, ZEONIKUSU, diethylene-glycol bisallyl carbonate (CR-39), and ARTON.

[0043]

[Effect of the Invention]Since the urethane system ultraviolet-curing-resin precursor was used as transparent resin (core material) according to the invention given in claims 1-3 so that clearly from the above explanation, it excels in each shape of the core of an optical waveguide, and a clad, and an optical waveguide with these good interface states can be obtained. As a result, the optical property of an optical waveguide can be raised.

[0044]Moreover, the filling factor of transparent resin to the slot of said substrate can be raised, without dissolving the substrate (cladding substrate) of a low refractive index, since the urethane system ultraviolet-curing-resin precursor was used as transparent resin (core material) according to the invention given in claims 4-6 (without spoiling the shape of a slot). Therefore, it excels in each shape of the core of an optical waveguide, and a clad, and these interface states can produce a good optical waveguide.

[0045]As a result, the optical waveguide which is excellent in an optical property can be produced without revealing light from the core of an optical waveguide, and it can produce easily, without moreover using a special device, and large improvement in productivity can be aimed at.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JP0 and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1]An optical waveguide which is provided with the following and characterized by said transparent resin being urethane system ultraviolet curing resin.

A substrate of a low refractive index with which a slot was formed in the principal surface.

Transparent resin of a high refractive index with which said slot was filled up.

It is resin of a wrap low refractive index about said principal surface.

[Claim 2]The optical waveguide according to claim 1, wherein a substrate of a low refractive index is an acrylic substrate fabricated by injection molding process.

[Claim 3]The optical waveguide according to claim 1, wherein a substrate of a low refractive index is a substrate which consists of ultraviolet curing resin fabricated by 2P molding method.

[Claim 4]A manufacturing method of an optical waveguide which is provided with the following and characterized by using a urethane system ultraviolet-curing-resin precursor as said transparent resin.

A process of applying transparent resin of a high refractive index to the principal surface of a substrate of a low refractive index in which a slot was formed beforehand.

A process of sweeping said principal surface and removing transparent resin of the exterior of said slot.

A process which stiffens transparent resin inside said slot.

A process of applying resin of a low refractive index to said principal surface, a process of putting and pressing a transparent plate on resin of said low refractive index, and a process that stiffens resin of said low refractive index via said transparent plate.

[Claim 5]A manufacturing method of the optical waveguide according to claim 4 using an acrylic substrate fabricated by injection molding process as a substrate of a low refractive

index.

[Claim 6]A manufacturing method of the optical waveguide according to claim 4 using a substrate which consists of ultraviolet curing resin fabricated by 2P molding method as a substrate of a low refractive index.

---

[Translation done.]

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-090532

(43)Date of publication of application : 10.04.1998

1)Int.Cl.

G02B 6/12  
G02B 6/13

1)Application number : 08-244679

(71)Applicant : SHARP CORP

2)Date of filing : 17.09.1996

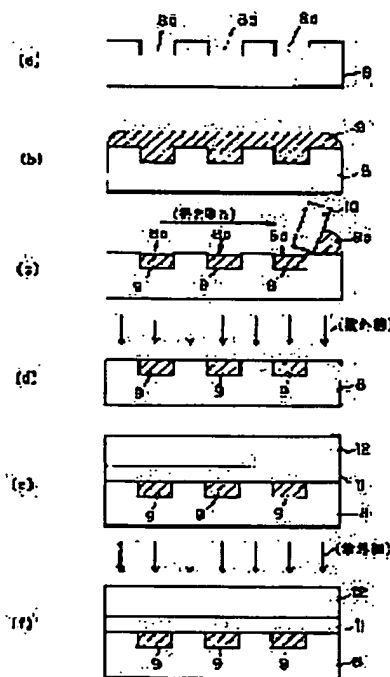
(72)Inventor : KATAOKA TERUYUKI  
MIYATA AKIO

## 4) OPTICAL WAVEGUIDE AND ITS PRODUCTION

### 7)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To obtain an optical waveguide which has an excellent optical characteristics without leaking of light from a core and can be easily produced, by filling grooves on the principal plane of a substrate having a low refractive index with a transparent resin having a high refractive index and covering the principal plane with a resin having a low refractive index and by using a urethane-based UV-curing resin as a transparent resin.

**SOLUTION:** A core material 9 comprising a urethane-based UV-curing resin (transparent resin having a high refractive index) is applied on the principal plane of a clad substrate 8 having a low refractive index on which plural grooves 8a are formed. The excess core material 9a outside the grooves 8a is removed by wiping with a squeezing material 10 to fill the grooves 8a with the core material 9. The core material 9 in the grooves 8a is hardened by irradiation of UV rays to form the core 9 of the optical waveguide. Then a clad material 11 having a low refractive index is applied on the principal plane of the clad substrate 8 where the core 9 is formed, and a clad flat substrate 12 is mounted thereon. Further, a quartz glass is mounted and pressed to adhere, the clad material 11 is hardened by irradiation of UV rays to obtain the optical waveguide.



## GAL STATUS

late of request for examination]

14.02.2000

late of sending the examiner's decision of rejection]

24.09.2003

ind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application

converted registration]

late of final disposal for application]

patent number]

late of registration]

number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

late of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

late of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平10-90532

(43) 公開日 平成10年(1998) 4月10日

(51) IntCl<sup>8</sup>

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

G 0 2 B 6/12

N

6/13

M

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号

特願平8-244679

(22) 出願日

平成8年(1996) 9月17日

(71) 出願人 000005049

シャープ株式会社

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号

(72) 発明者 片岡 照幸

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(72) 発明者 宮田 昭雄

大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号 シ

ャープ株式会社内

(74) 代理人 弁理士 藤本 博光

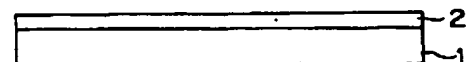
(54) 【発明の名称】 光導波路及びその作製方法

(57) 【要約】

【課題】 コアからの光の漏洩がなく、光学特性に優れると共に、特殊な装置を用いることなく容易に作製することができ、生産性の向上を図ることができる光導波路及びその作製方法を提供すること。

【解決手段】 低屈折率の基板の主面に高屈折率の透明樹脂を塗布する工程と、前記溝の外部の透明樹脂を除去する工程と、前記溝の内部の透明樹脂を硬化させる工程と、前記主面に低屈折率の樹脂を塗布する工程と、前記低屈折率の樹脂の上に透明平板を乗せて押圧する工程と、前記透明平板を介して前記低屈折率の樹脂を硬化させる工程とを経て作製し、前記透明樹脂としてウレタン系紫外線硬化樹脂前駆体を用いる。これにより、主面に溝が形成された低屈折率の基板と、前記溝に充填された高屈折率の透明樹脂と、前記主面を覆う低屈折率の樹脂とを有する光導波路を得る。

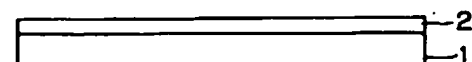
(a)



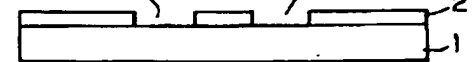
(b)



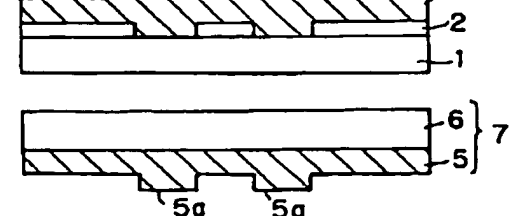
(c)



(d)



(e)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 主面に溝が形成された低屈折率の基板と、  
前記溝に充填された高屈折率の透明樹脂と、  
前記主面を覆う低屈折率の樹脂とを有し、  
前記透明樹脂は、ウレタン系紫外線硬化樹脂であることを特徴とする光導波路。

【請求項2】 低屈折率の基板は、射出成形法により成形されたアクリル系基板であることを特徴とする請求項1に記載の光導波路。

【請求項3】 低屈折率の基板は、2P成形法により成形された紫外線硬化樹脂からなる基板であることを特徴とする請求項1に記載の光導波路。

【請求項4】 予め溝が形成された低屈折率の基板の主面に高屈折率の透明樹脂を塗布する工程と、  
前記主面を掃いて前記溝の外部の透明樹脂を除去する工程と、  
前記溝の内部の透明樹脂を硬化させる工程と、  
前記主面に低屈折率の樹脂を塗布する工程と、  
前記低屈折率の樹脂の上に透明平板を乗せて押圧する工程と、  
前記透明平板を介して前記低屈折率の樹脂を硬化させる工程とを有し、  
前記透明樹脂としてウレタン系紫外線硬化樹脂前駆体を用いることを特徴とする光導波路の作製方法。

【請求項5】 低屈折率の基板として射出成形法により成形されたアクリル系基板を用いることを特徴とする請求項4に記載の光導波路の作製方法。

【請求項6】 低屈折率の基板として2P成形法により成形された紫外線硬化樹脂からなる基板を用いることを特徴とする請求項4に記載の光導波路の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、縮小型イメージセンサ等の光学系を構成する光導波路及びその作製方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、光導波路を用いた縮小型イメージセンサが提案されている。この縮小型イメージセンサは、原稿面からの光像を光導波路により光学的に縮小して光電変換素子の受光面に入射し、原稿面に表された文字などのイメージを検出するものである。このように、光導波路を用いることにより、センサの小型化、低価格化が可能になると共に、光学系の複雑な調整が不要になるという利点がある。

【0003】この光導波路の作製方法として、以下に説明するように、幾つかの方法が知られている。先ず、第1の作製方法として、図8(a)～(d)に示すように、光の通路となるコアの材料（以下、「コア材」と記す）を充填するための溝20aが形成されたポリメチル

メタクリレート（以下、「PMMA」と記す）等の高分子材料からなるクラッド基板20を射出成形法を用いて準備する（同図(a)）。このクラッド基板20の溝20aにコア材として、高分子材料のポリマー前駆体21を充填し（同図(b)）、PMMA等からなるクラッド平板22を押圧して圧着する（同図(c)）。そして、紫外線を照射してポリマー前駆体を重合させて光導波路を得る（同図(d)）。

【0004】次に、第2の作製方法として、図9(a)～(d)に示すように、先ず、後述する活性光線が照射された領域の屈折率を低下させるための単量体30aを含有する高屈折率のポリマーシート30を準備する（同図(a)）。次に、フォトマスク31を介してポリマーシート30に活性光線を照射し、ポリマーシート30が含有する単量体30aを選択的に反応させてコア領域以外の領域の屈折率を低下させる（同図(b)斜線領域）。次に、未反応の単量体30aを真空除去し（同図(c)）、ポリマーシート30の両面を低屈折率のポリマー32によりコーティングして（同図(d)）、光導波路を得る。

【0005】次に、第3の作製方法として（図示なし）、先ず、溝が形成されたクラッド基板の一面にクラッド平板を密着させて、キャピラリが形成されたクラッド体を準備する。次に、キャピラリの一端側を密封してクラッド体を真空容器内におき、キャピラリの内部から大気を除去する。次に、キャピラリの開口部（他端側）をコア材であるモノマー溶液に浸して真空容器内の気圧を徐々に大気圧にまで回復させ、キャピラリの内部と外部との間の気圧差を利用してキャピラリ内部にモノマー溶液を充填する。次に、充填されたモノマー溶液に紫外線等を照射して重合させ、ポリマーをコアとする光導波路を得る。

【0006】最後に、第4の作製方法として（図示なし）、特開平2-191906号公報に開示された方法がある。即ち、この方法によれば、先ず、溝が形成されたシリコン系樹脂やエポキシ系樹脂等からなるクラッド基板の主面に、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、またはポリカーボネート等のコア材を塗布した後、スキージ材で掃いて溝の外部の余分なコア材を取り除く。そして、紫外線を照射して溝の内部のコア材を硬化させた後に、クラッド材をクラッド基板の主面に塗布して、光導波路を得る。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上述の従来の光導波路の作製方法は、以下のような問題を有している。即ち、前述の第1の作製方法によれば、溝が形成されているクラッド基板にコア材を塗布した後、クラッド平板を張り合わせる際、クラッド基板とクラッド平板との隙間にコア材が残る。このため、各コアの間が1～10ミクロン程度の膜状のコア材で接続され、コアか



ら光が漏れ出て、或るコアに入射した光が他のコアに拡散するという問題がある。

【0008】また、前述の第2の作製方法によれば、未反応の単量体を真空除去するための特殊な装置を必要とすると共に、フォトリソグラフィ技術を用いて基板に溝を形成するため、工程が複雑化するという問題がある。

【0009】さらに、第3の作製方法によれば、クラッド体に形成されたキャピラリーにコア材を充填するにあたって、キャピラリー内部から大気を除去するための装置を必要とする上、キャピラリーの内部と外部との間の気圧差を利用するため、粘度の高いコア材の充填に時間を要し、生産性が低下するという問題がある。

【0010】さらにまた、第4の作製方法によれば、コア材として、エポキシ系樹脂、アクリル系樹脂、ポリカーボネート等を用いた場合、コア材の充填率が悪く、溝の内部に均一にコア材が充填されないという問題がある。しかも、コア材の種類によっては、モノマー状のコア材がクラッド基板を溶解し、クラッド基板に微細加工して形成された溝の形状が損なわれる場合があり、良好な光学特性を得ることができないという問題がある。

【0011】即ち、詳細な実験によれば、PMMAを材料とするクラッド基板の場合、一般にPMMAを溶解しないとされているアクリル系紫外線硬化樹脂の一部のものは、0.1μm/min程度の速度でPMMAを溶解することが判明し、また、PMMAの溶解が認められないアクリル系紫外線硬化樹脂の他のものでは、クラッド基板に形成された溝への充填率が著しく低く、10～20パーセント程度の充填率しか得られなかった。

【0012】本発明は、このような問題に鑑みてなされたものであり、光導波路を構成するコアからの光の漏洩がなく、光学特性に優れると共に、特殊な装置を用いることなく容易に作製することができ、生産性の向上を図ることができる光導波路及びその作製方法を提供することを課題とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】本発明は、前記課題を解決達成するため、以下の構成を有する。請求項1に記載の発明に係る光導波路は、主面に溝が形成された低屈折率の基板と、前記溝に充填された高屈折率の透明樹脂と、前記主面を覆う低屈折率の樹脂とを有し、前記透明樹脂は、ウレタン系紫外線硬化樹脂であることを特徴とする光導波路の構成を有する。

【0014】請求項2に記載の発明に係る光導波路は、低屈折率の基板は、射出成形法により成形されたアクリル系基板であることを特徴とする請求項1に記載の光導波路の構成を有する。

【0015】請求項3に記載の発明に係る光導波路は、低屈折率の基板は、2P成形法により成形された紫外線硬化樹脂からなる基板であることを特徴とする請求項1に記載の光導波路の構成を有する。

【0016】請求項4に記載の発明に係る光導波路は、予め溝が形成された低屈折率の基板の主面に高屈折率の透明樹脂を塗布する工程と、前記主面を掃いて前記溝の外部の透明樹脂を除去する工程と、前記溝の内部の透明樹脂を硬化させる工程と、前記主面に低屈折率の樹脂を塗布する工程と、前記低屈折率の樹脂の上に透明平板を乗せて押圧する工程と、前記透明平板を介して前記低屈折率の樹脂を硬化させる工程とを有し、前記透明樹脂としてウレタン系紫外線硬化樹脂前駆体を用いることを特徴とする光導波路の作製方法の構成を有する。

【0017】請求項5に記載の発明に係る光導波路は、低屈折率の基板として射出成形法により成形されたアクリル系基板を用いることを特徴とする請求項4に記載の光導波路の作製方法の構成を有する。

【0018】請求項6に記載の発明に係る光導波路は、低屈折率の基板として2P成形法により成形された紫外線硬化樹脂からなる基板を用いることを特徴とする請求項4に記載の光導波路の作製方法の構成を有する。

【0019】上記構成された本発明は、以下のように作用する。即ち、請求項1に記載の発明に係る光導波路によれば、低屈折率の基板の溝に充填された高屈折率の透明樹脂は、前記低屈折率の基板と低屈折率の樹脂とに囲まれる。そして、前記透明樹脂に入射した光は、前記基板及び樹脂（低屈折率）と前記透明樹脂（高屈折率）との界面で反射されて前記透明樹脂の内部を伝達する。

【0020】また、請求項2に記載の発明に係る光導波路によれば、請求項1に記載の発明に係る光導波路において、高屈折率の透明樹脂は、射出成形法により成形されたアクリル系基板（低屈折率の基板）と低屈折率の樹脂とに囲まれ、前記透明樹脂に入射した光が、前記透明樹脂の内部を伝達する。

【0021】さらに、請求項3に記載の発明に係る光導波路によれば、請求項1に記載の発明に係る光導波路において、高屈折率の透明樹脂は、2P成形法により成形された紫外線硬化樹脂からなる基板（低屈折率の基板）と低屈折率の樹脂とに囲まれ、前記透明樹脂に入射した光が、前記透明樹脂の内部を伝達する。

【0022】さらにまた、請求項4に記載の発明に係る光導波路によれば、予め溝が形成された低屈折率の基板の主面に高屈折率の透明樹脂を塗布し、前記主面を掃いて前記溝の外部の透明樹脂を除去し、前記溝の内部の透明樹脂を硬化させ、前記主面に低屈折率の樹脂を塗布し、前記低屈折率の樹脂の上に透明平板を乗せて押圧し、前記透明平板を介して前記低屈折率の樹脂を硬化させて、光導波路を作製する。ここで、ウレタン系紫外線硬化樹脂前駆体が、前記低屈折率の基板を溶解することなく、しかも前記透明樹脂が前記溝の内部に有効に充填されるという特性に着目し、前記透明樹脂としてウレタン系紫外線硬化樹脂前駆体を用いることにより、前記溝の形状を損なうことなく、しかも充填率を高くして、前

記溝に前記透明樹脂が充填される。

【0023】さらにまた、請求項5に記載の発明に係る光導波路によれば、請求項4に記載の発明に係る光導波路の作製方法において、低屈折率の基板として射出成形法により成形されたアクリル系基板を用いて、光導波路を作製する。

【0024】さらにまた、請求項6に記載の発明に係る光導波路によれば、請求項4に記載の発明に係る光導波路の作製方法において、低屈折率の基板として2P成形法により成形された紫外線硬化樹脂からなる基板を用いて、光導波路を作製する。

【0025】

【発明の実施の形態】以下、図1から図6を参照して、本発明の実施の形態に係る光導波路及びその作製方法について説明する。ここで、図1及び図2は本実施形態の光導波路を構成するクラッド基板の製作方法を説明するための説明図であり、図3はクラッド基板の斜視図である。また、図4はクラッド基板にコア材を充填して光導波路を作製する方法を説明するための説明図であり、図5はクラッド基板にコア材を充填する際に用いるスキージ材の斜視図である。さらに、図6及び図7は、コア材の充填状態を説明するための説明図である。

【0026】まず、図1を用いて、本実施形態の光導波路を構成するクラッド基板（低屈折率の基板）の作製方法について説明する。図1（a）に示すように、まず、シリコン基板1の主面にフォトレジスト2を塗布した後、同図（b）に示すように、フォトマスク3を介して紫外線を照射し、後述のコア材を充填する溝のパターンをフォトレジスト2に露光する。次に、同図（c）に示すように、溝のパターンが露光されたフォトレジストをエッチング処理して、凹部4を形成する。

【0027】次に、同図（d）に示すように、凹部4が形成されたシリコン基板1の主面側に電気メッキ法を用いて金属膜5を形成する。次に、同図（e）に示すように、金属膜5の上に支持板6をエポキシ系の接着剤等により接着して補強した後、レジスト剥離剤を用いて金属膜5をシリコン基板1から分離して、リブ状の凸部5aが複数形成された金型7を得る。

【0028】次に、このようにして作製した金型7を用いてクラッド基板を作製する。即ち、図2（a）に示すように、例えば、射出成形法や2P成形法により、金型7にクラッド基板8の材料を密着させて、同図（b）に示すように、金型7のリブ状の凸部に対応して複数の溝8aが形成されたクラッド基板8を作製する。なお、図1に示すフォトレジスト2の膜厚及びフォトマスク3のパターン幅は、後述するように、クラッド基板8の溝8aに形成されるコアの断面形状を定める。

【0029】ここで、2P成形法とは、光硬化性樹脂を用いた複製法の一つであり、光ディスク等の作製に適用されている方法である。この2P成形法を用いてクラッ

ド基板を作製する場合、まず、凹凸状のパターンが形成されたマスター原版（金型）の表面に光硬化性樹脂を流し込む。次に、その上に透明支持体を乗せて光硬化性樹脂を硬化させた後に、硬化した光硬化性樹脂をマスター原版から剥がして、表面に凹凸のパターンが形成された透明樹脂体（クラッド基板）を得る。なお、光ディスクを作製する場合には、さらに得られた透明樹脂体の凹凸面にアルミニウムなどの反射層を蒸着した後、保護膜をコーティングして完成する。

10 【0030】次に、図3にその全体を例示するように、このようにして作製したクラッド基板8の主面の光入射側には、溝8aの一端側が原稿の幅にわたって粗に形成され、光出射側には、溝8aの他端側が光電変換素子（図示なし）の受光面の幅にわたって密に形成されている。このように一端側を粗に、他端側を密にして溝8aを形成することにより、後述するコアに導かれる光像（原稿のイメージ）が光学的に縮小されるものとなる。なお、図3に例示するクラッド基板8のサイズは、幅110mm×高さ18mm×厚さ1.5mmであり、864本の溝8aが、光入射側のピッチを125ミクロン、光出射側を14ミクロンとして形成されている。

20 【0031】次に、クラッド基板8の溝8aにコア材を充填して光導波路を作製する方法について、図4を用いて説明する。まず、同図（a）に示すように、上述の方法により、主面に複数の溝8aが形成されたクラッド基板8（低屈折率の基板）を準備し、同図（b）に示すように、このクラッド基板8の主面にウレタン系紫外線硬化樹脂などのコア材9（高屈折率の透明樹脂）を塗布する。次に、同図（c）に示すように、溝8aの外部に存在する余分なコア材9aをスキージ材10により掻き取って除去し、溝8aの内部にコア材9を充填する。そして、同図（d）に示すように、紫外線を照射して溝の内部のコア材9を硬化させ、光導波路のコア（高屈折率の透明樹脂）を形成する。以下、コア材9を硬化して得られる「コア」を、「コア材」と同一符号「9」を用いて表す。

30 【0032】次に、同図（e）に示すように、コア9が形成されたクラッド基板8の主面にクラッド材11（低屈折率の樹脂）を塗布してクラッド平面基板12（透明平板）を置く。さらにその上に、図示しない石英ガラスを乗せて押圧して圧着した後、同図（f）に示すように、紫外線を照射してクラッド材11を硬化させて、光導波路を得る。

40 【0033】以下に、本発明の実施例を紹介しておく。図1において、フォトレジスト2の膜厚及びフォトマスク3のパターン幅としては、それぞれ8ミクロンを設定し、塩化ニッケルの水溶液を用いた電気メッキによりニッケル金属膜5を形成した。これにより、幅と高さともが8ミクロンのリブ状の凸部が形成されたニッケル製の金型7を作製し、この金型7を用いて、図2に示すよう

に、幅及び深さが8ミクロンの溝8aが形成されたクラッド基板8を作製した。

【0034】このクラッド基板8の材料としては、アクリル系高分子樹脂であるPMMA（屈折率1.49）を使用し、上述の金型7を用いて射出成形法によりクラッド基板8の主面にコア材9を充填する溝8aを形成した。また、2P成形法により成形する場合には、クラッド基板8の材料として、屈折率1.53を有する「MP107」（三菱レイヨン社製）などの2P用紫外線硬化樹脂を用いた。

【0035】また、クラッド平面基板12の材料としては、PMMA（屈折率1.49）を用い、コア材9としては、屈折率1.55を有する「J-91」（サマーズ社製）などのウレタン系紫外線硬化樹脂を用いた。さらに、クラッド材11としては、クラッド基板8がPMMAの場合に、屈折率1.47を有するアクリル系樹脂「SK-9」（サマーズ社製）を用い、クラッド基板8が「MP107」の場合には、同じく「MP107」を用いた。

【0036】スキージ材10としては、図5に示すように、幅120mm×高さ50mm×厚さ3mmのサイズの硬度90°のウレタンゴムを用い、クラッド基板8の主面を掃くエッジ部分10aの曲率半径を10ミクロン以下とした。また、クラッド基板8の主面を掃くにあたって、クラッド基板8に対するスキージ材10の角度を約45°とし、掃く速度を1.25~2 [cm/sec] 程度とした。

【0037】次に、クラッド基板8としてPMMAを用いて作製した場合と、「MP107」を用いて作製した場合のそれぞれの光導波路の諸特性について参考的に紹介しておく。なお、コア材9としては、「J-91」を

共通に用いた。まず、クラッド基板8に形成された溝8aへのコア材9の充填状態を、図6及び図7を用いて説明する。ここで、図6及び図7は光導波路の光入出力部端部を鏡面研磨して光学顕微鏡により観察された光導波路の断面スケッチであり、同図(a)及び(b)は、それぞれ溝を深く(8μm)形成した場合の光出射側及び光入射側の断面スケッチである。また、図7(a)及び(b)は、それぞれ溝を浅く(4μm)形成した場合の光出射側及び光入射側のスケッチである。

【0038】図6及び図7に示すように、溝8aに充填されたコア材9の上部にはおよそ0.2~0.3μm以下の凹みが存在するものの、溝8aの底面及び側壁にはコア材9が完全に密着しており、溝8aの形状や密集度によらずコア材9は90パーセント以上の良好な充填率で溝8aの内部に充填されている。また、図6(a)及び図7(a)に示す例では、クラッド基板8に形成された隣り合う溝8aの形状は損なわれておらず、クラッド基板8がコア材9に溶解された形跡は認められない。

【0039】また、コア材として「J-91」を用いた場合の、クラッド基板(PMMA)の溶解度の時間依存

性について、以下のように詳細に評価した。まず、幅及び深さが8ミクロンの溝が形成された4枚のクラッド基板を準備する。各クラッド基板の溝にコア材(J-91)を充填し、それぞれ10分、20分、30分、40分だけ放置した後、紫外線を照射してコア材を硬化させる。

【0040】このように、コア材を充填した後の放置時間が異なる4枚の基板を用いて、4種類の光導波路を作製し、コア周辺の断面形状を光学顕微鏡により比較観察した(図示なし)。この観察の結果、何れにおいても溝の形状に違いはなく、コア材によるクラッド基板の溶解は認められなかった。このことから、クラッド基板にコア材を塗布してから紫外線を照射して硬化させるまで、少なくとも40分の余裕があることが確認された。

【0041】さらに、カットバック法(Cut-back method)を用いて、レーザー光に対する導波損失を測定した。この結果、導波損失として0.2dB/cmが得られ、光学特性においても良好な結果が得られた。また、コア間での光の漏洩はなく、クロストークも認められなかった。

【0042】なお、上述の本実施形態(実施例)では、射出成形法を用いて作製する場合のクラッド基板の材料としてPMMAを用い、2P成形法を用いて作製する場合のクラッド基板の材料として2P用紫外線硬化樹脂「MP107」を用いた事例について説明したが、クラッド基板の材料としては、コア材よりも小さな屈折率を有するものであれば、例えばポリスチレン、ゼオニクス、ジエチレングリコールビスアリルカーボネート(CR-39)、アトーン等のように、PMMA以外の光学プラスチック材料を用いてもよい。

【0043】

【発明の効果】以上の説明から明らかなように、請求項1から3に記載の発明によれば、透明樹脂(コア材)としてウレタン系紫外線硬化樹脂前駆体を用いたので、光導波路のコア及びクラッドの各形状に優れると共に、これらの界面状態が良好な光導波路を得ることができる。この結果、光導波路の光学特性を向上させることができる。

【0044】請求項4から6に記載の発明によれば、透明樹脂(コア材)としてウレタン系紫外線硬化樹脂前駆体を用いたので、低屈折率の基板(クラッド基板)を溶解することなく(溝の形状を損なうことなく)、しかも前記基板の溝に対する透明樹脂の充填率を高めることができる。従って、光導波路のコア及びクラッドの各形状に優れると共に、これらの界面状態が良好な光導波路を作製することができる。

【0045】この結果、光導波路のコアから光が漏洩することなく、光学特性に優れる光導波路を作製することができ、しかも特殊な装置を用いることなく容易に作製することができ、生産性の大幅な向上を図ることができる。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(e)は、本発明の実施形態の光導波路を構成するクラッド基板の金型の作製方法を説明するための説明図である。

【図2】(a)及び(b)は、本発明の実施形態の光導波路を構成するクラッド基板の作製方法を説明するための説明図である。

【図3】クラッド基板の斜視図である。

【図4】(a)～(f)は、クラッド基板にコア材を充填して光導波路を作製する方法を説明するための説明図である。

【図5】クラッド基板にコア材を充填する際に用いるスキージ材の斜視図である。

【図6】(a)及び(b)は、深い溝(8 $\mu$ m)におけるコア材の充填状態を説明するための説明図である。

【図7】(a)及び(b)は、浅い溝(4 $\mu$ m)におけるコア材の充填状態を説明するための説明図である。

【図8】(a)～(d)は、第1の従来の作製方法を説\*

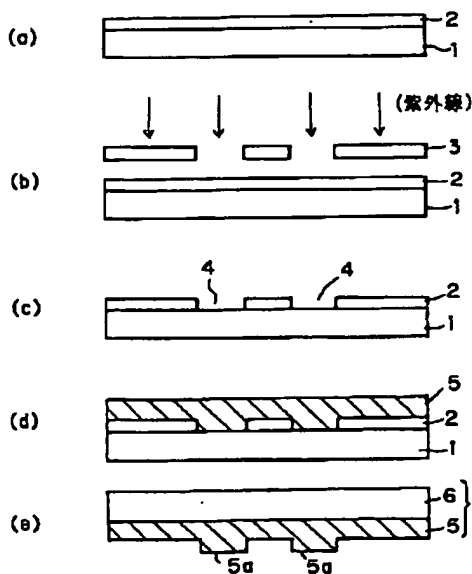
\* 明するための説明図である。

【図9】(a)～(d)は、第2の従来の作製方法を説明するための説明図である。

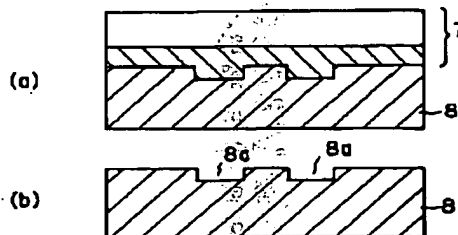
## 【符号の説明】

- 1 シリコン基板
- 2 フォトレジスト
- 3 フォトマスク
- 4 凹部
- 5 金属膜
- 5a リブ状の凸部
- 6 支持板
- 7 金型
- 8 クラッド基板
- 8a 溝
- 9 コア材
- 10 スキージ材
- 11 クラッド材
- 12 クラッド平面基板

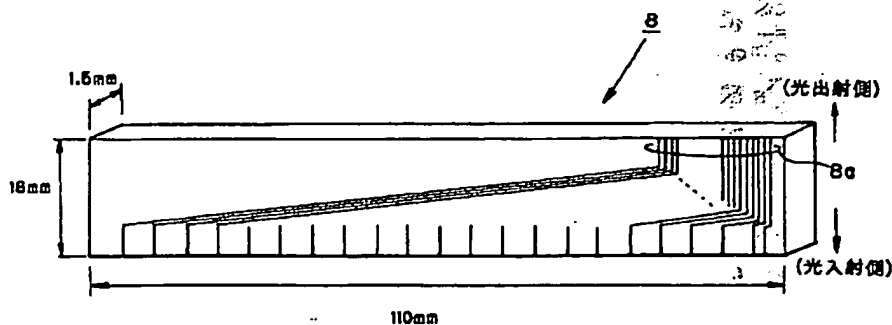
【図1】



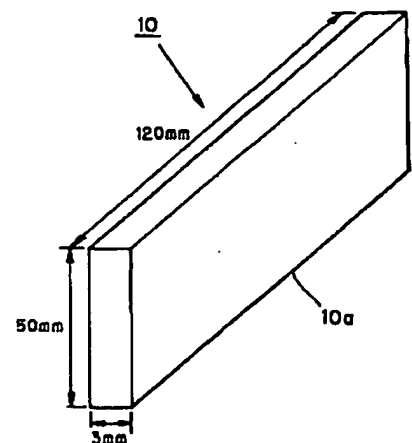
【図2】



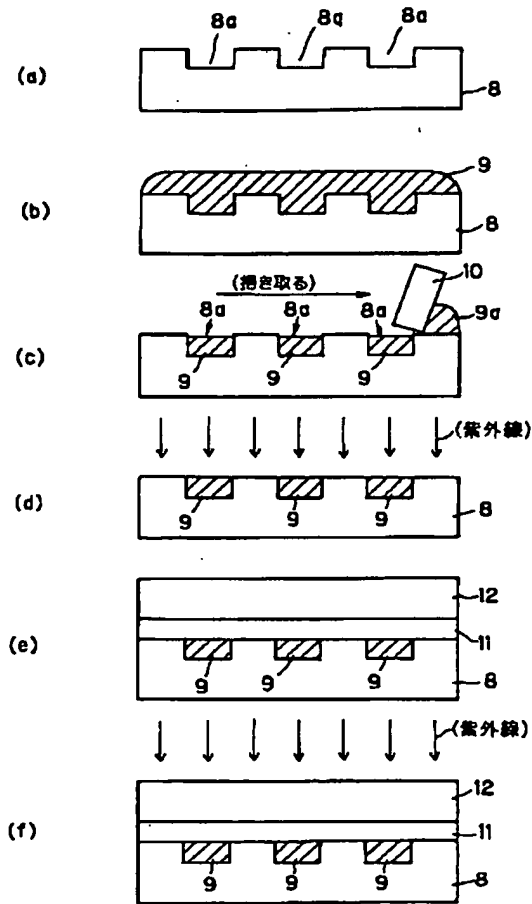
【図3】



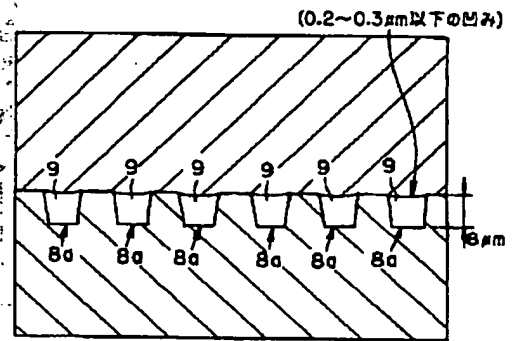
【図5】



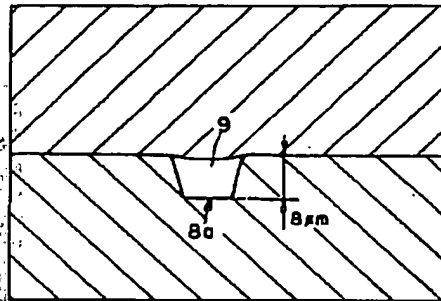
【図4】



【図6】

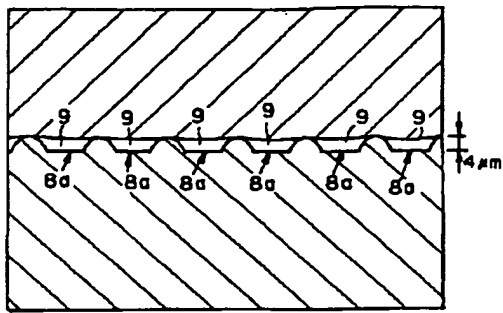


(a)

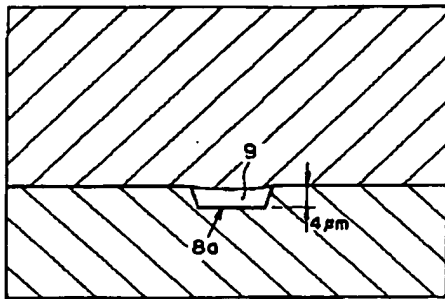


(b)

【図7】

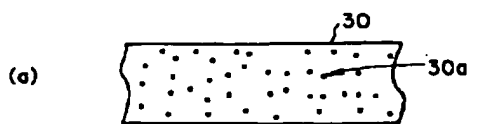


(a)



(b)

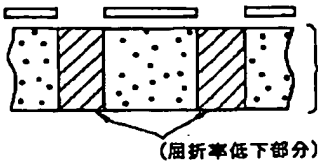
【図9】



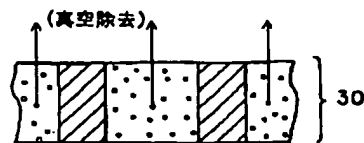
(a)



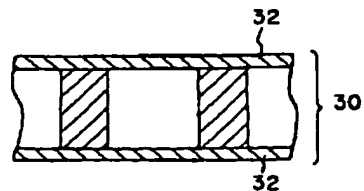
(b)



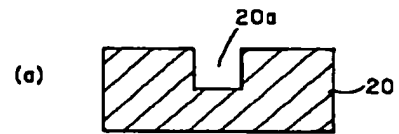
(c)



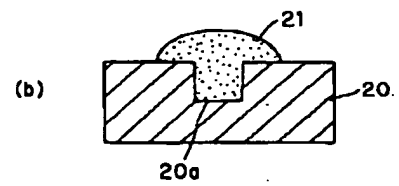
(d)



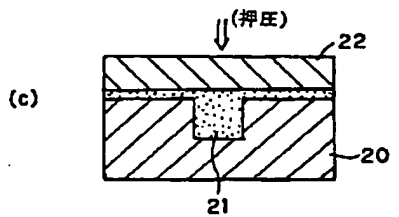
【図8】



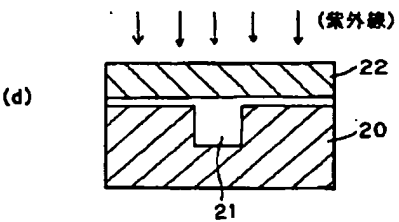
(a)



(b)



(c)



(d)